

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2023.02.034

# 微型顶管技术在复杂环境条件下排水管道工程中的应用

孙金昭, 周皓雪, 吉 驰, 聂俊英

[上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海市 200092]

**摘 要:** 微型顶管技术是一种小口径管道非开挖施工的顶管施工工艺, 技术成熟于德国和日本。因其施工占地小、施工周期短、实施精度高等特点, 近几年在复杂环境条件下的市政排水管道工程中广泛应用。现详细阐述微型顶管技术的工艺原理, 并结合实际工程案例, 介绍微型顶管技术在市政排水管道工程中的施工工艺。

**关键词:** 微型顶管; 排水管道; 复杂环境条件

**中图分类号:** TU990.3

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1009-7716(2023)02-0134-03

## 0 引言

目前, 常见的小口径市政排水管道施工主要为开槽埋管和水平定向钻施工。开槽埋管施工对交通影响大, 且对道路的整齐与美观有较大破坏, 其施工周期长; 水平定向钻施工则主要用于小口径的塑料排水管道敷设, 相比开槽埋管施工速度快, 对周边环境影响也较小。但是在施工场地有限, 地下管线复杂, 周边建筑密集的老城区中, 两种传统的小口径排水管道施工技术均难以有效地展开。微型顶管作为一种新型的管道非开挖施工技术, 因其施工占地面积小、周期短, 精度高, 环境影响小等优势, 近几年在老城区排水管网更新与改造过程中逐步推广应用<sup>[1-4]</sup>。现通过实际工程案例, 介绍微型顶管技术在老城区复杂环境条件下排水管道施工中的应用。

## 1 微型顶管技术简介

微型顶管亦称为地箭式工法、二次顶管工法, 分为两次顶进施工。第一次施工先将前导管和扩孔黑管推进贯通, 第二次施工则以先导管作为导体, 利用带有切削装置的潜盾机或简易机头扩孔并将管道顶进。通过对改良部分施工方式, 可在淤泥质松软土层中采用不排土压密推进, 故根据排土与不排土又将其分为标准地箭式和改良式地箭。标准式地箭施工时边推进边排土, 改良式地箭施工时则不排土压密

推进。

### 1.1 第一次顶进施工

利用工作井内经纬仪观测觇标, 扭力转动导向管前端斜面箭头切面方向, 引导导向管推进贯通至微型顶管接收井。当前导向管推进贯通后, 在导向管末端安装大小头连接内推黑管, 更换推垫后继续将内推黑管推进贯通至接收井。标准地箭式在内推黑管顶进结束后在黑管内装入一定数量的螺旋出土管, 在第二次顶进施工时将切削土排出; 改良地箭式则无需安装螺旋出土管。

### 1.2 第二次顶进施工

(1) 标准地箭式在第二次顶进施工时, 在内推黑管后连接带有切削装置的潜盾机, 设计管道安装在潜盾机之后。用潜盾机将孔径扩大后推进设计管道, 切削的土壤通过螺旋出土管排出。由于工作井内放置推进设备, 出土空间较小, 因此多通过接收井出土。(2) 改良地箭式在第二次顶进施工时利用简易扩孔机头扩孔, 设计管道安装在简易扩孔机头之后随其一起顶进至接收井。

## 2 微型顶管施工技术应用案例

### 2.1 工程概况

某项目位于城市建成区, 施工地点周边建筑密集, 道路宽度为 12 m, 道路下管线密集, 周边地块功能为建筑居住小区、停车场和商业用地, 排水管道施工条件复杂, 如图 1 所示。

(1) 工程施工的市政排水管道管径为 DN600, 雨水管道敷设长度为 38 m, 接入凤新路 DN1000 现状雨水管, 污水管道敷设长度为 56 m, 横穿凤新路施工。

收稿日期: 2022-04-13

基金项目: 国家重点研发计划(2021YFC3001402)

作者简介: 孙金昭(1991—), 男, 硕士, 工程师, 从事市政给排水、水环境治理的研究和设计工作。

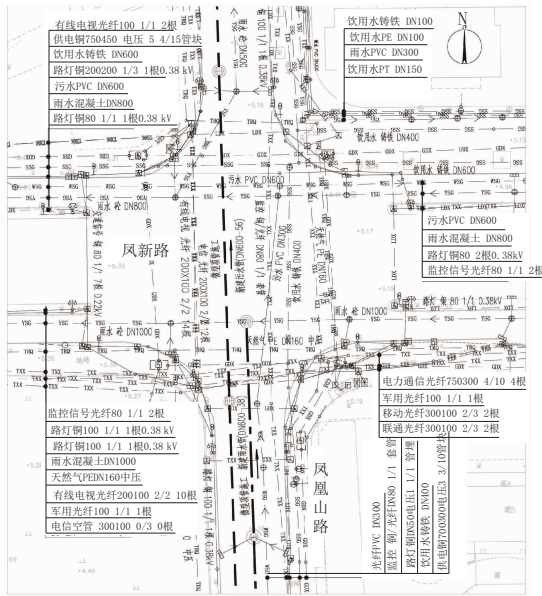


图1 施工场地环境条件图示

(2)根据物探资料,现状道路下市政管线包括污水、雨水、燃气、给水、电力、通信以及军用光缆等,管线埋深约2.0~4.0 m,工程施工排水管道埋深6.0~6.5 m。

考虑到开挖施工占地面积大,道路交通组织困难,拟采用对周边环境影响较小的非开挖形式的微型顶管施工。微型顶管施工用管材采用树脂混凝土管,管节长度1 m,管道使用年限为50 a,管材本身具备很好的耐腐蚀性能。

### 2.2 地质条件

根据地勘报告,该工程非开挖施工段土质为淤泥质粉质黏土,流塑,高压缩性土,其地基承载力特征值 $f_{ak} = 65 \text{ kPa}$ 。

为尽可能减少施工占地面积和进一步加快施工进度,结合地质条件,该工程采用改良地箭式施工工艺,即不排土,顶管施工。

### 2.3 施工工艺流程

改良地箭式(微型顶管)的施工工艺流程如图2所示。

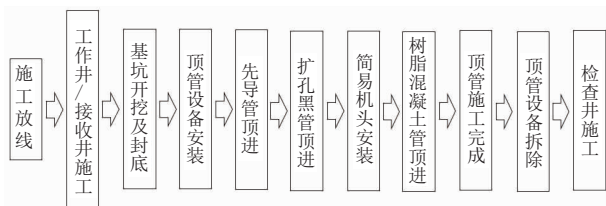


图2 微型顶管施工工艺流程图

#### 2.3.1 工作井/接收井施工

该工程微型顶管用工作井和接收井采用钢护筒井形式,沉井施工。钢护筒常用直径尺寸为 $\varphi 1\ 890 \text{ mm}$ 、 $\varphi 2\ 090 \text{ mm}$ 和 $\varphi 2\ 590 \text{ mm}$ ,采用Q235B钢板制成,壁

厚20 mm。每节标准钢护筒的高度为2 m。为减少钢护筒在下沉过程中与土壤的摩擦阻力以及不同土质的干扰,刃脚节钢护筒(最下节接土钢护筒)接土一侧需加工成锯齿状,锯齿深度约10~20 cm。不同钢护筒之间的连接需在入土之前进行焊接,钢护筒下沉至设计标高后用C30混凝土封底施工。

#### 2.3.2 顶管设备安装

微型顶管工作井施工完成后,在井内进行顶管设备安装。根据顶进管道中心轴线,安装好工作井内底座槽钢,槽钢底与地板预留500 mm空间,作为存储地下水及少量泥沙的空间。底座槽钢完成后,根据管道轴线安装好底板及推进台,通过底板上的紧固螺栓固定好顶管推进台。推进台后背与弧形钢护筒井壁之间的空隙采用三角铁焊接加固,以保证推进工作台顶进过程中的稳定性。

根据《给水排水工程顶管技术规程》(CECS 246),顶管施工总顶力可按下式估算:

$$F = \pi D_1 L f_k + N_F$$

式中: $F$ 为微型顶管施工所需总顶力; $D_1$ 为管道外径,取值0.7 m; $L$ 为管道顶进长度,取值60 m; $f_k$ 为管道外壁与土的平均摩阻力,考虑到微型顶管施工过程中不考虑触变泥浆减阻,取值 $10.0 \text{ kN/m}^2$ ; $N_F$ 为顶管机的迎面阻力,kN。

改良地箭式微型顶管施工使用的简易机头顶管机端面为喇叭口式,采用挤压式不排土顶管施工,其迎面阻力 $N_F$ 的计算式为:

$$N_F = 0.25 \pi D_g^2 (1 - e) R$$

式中: $D_g$ 为顶管机外径,取值0.72 m; $e$ 为开口率,取值0.2; $R$ 为挤压阻力,取值 $500 \text{ kN/m}^2$ 。

综上,计算微型顶管施工迎面阻力 $N_F$ 为162.8 kN,微型顶管施工所需总顶力 $F$ 为1481.6 kN。

参考顶力 $F$ 的估算值,该工程所用推进机台工艺参数见表1所列。图3为推进台及油压组合系统图示。

表1 微型顶管推进台工艺参数表

序号	项目	参数
1	尺寸/mm	1 950 × 1 200 × 850
2	重量/kg	2 300(含液压油重量)
3	推进推反行程/mm	1 240
4	推进速度/(mm·min <sup>-1</sup> )	1 000~3 800
5	油压缸推力/ton	最高 Max 200 定格 Set 160
6	油压缸行程/mm	620
7	旋转马达扭力/(kg·m)	850
8	旋转马达回转速/rpm	20~50

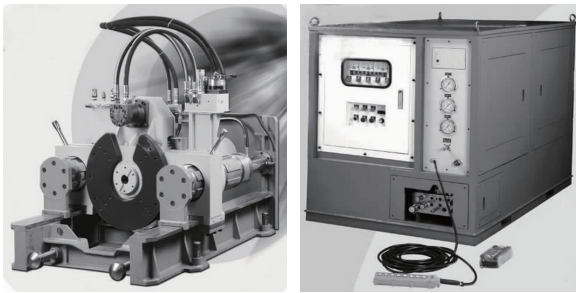


图3 推进台及油压组合系统图示

### 2.3.3 先导管顶进

改良地箭式微型顶管的前导管主要包括斜面箭头、导向管,以及内推黑管(见图4)。先导管施工前,在顶管工作井内设置好激光经纬仪,设置管道坡度。经纬仪目镜十字丝中心位置照准斜面箭头绿灯,若出现十字斜面中心偏离绿灯时,则需调整斜面箭头前端斜面方向进行纠偏。导向管根据激光经纬仪设定坡度顶进至接收井后,卸下斜面箭头,开始进行内推黑管顶进。内推黑管直径为 $\phi 220\text{ mm}$ ,其顶进的目的是对设计管道顶进方向进一步扩孔,锁定管道顶进方向。

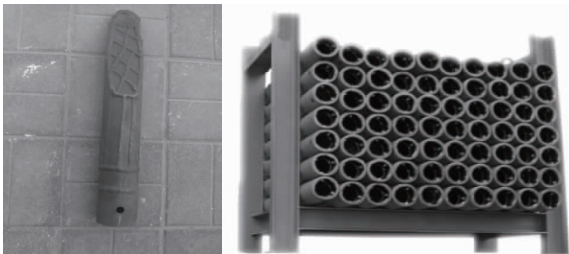


图4 斜面箭头及导向管图示

导向管前端箭头采用斜面箭头,在推进过程中,通过不断扭动斜面箭头,引导导向管推进。由于地层反作用力与斜面箭头切面法线方向相反,因此在导向管推进方向没有发生偏差时,导向管必须不停地转动,扭力维持在 $80\sim 120\text{ kg/m}$ ,保持导向管能够直线推进。当导向管推进方向发生偏移时,则调整切面方向至适当方位后停止转动斜面箭头,利用地层反作用力导正导向管推进方向。

### 2.3.4 树脂混凝土管顶进

当内推黑管顶进至微型顶管接收井后,在微型顶管工作井内黑管后安装简易扩孔机头。树脂混凝土管安装在简易扩孔机头之后,沿黑管轨迹缓慢逐节顶进至接收井内。先导管(导向管和内推黑管)在接收井内逐节拆除。

图5为排水管道顶进完成之实景。

### 2.3.5 检查井浇筑

微型顶管施工完成后,在工作井和接收井内按



图5 排水管道顶进完成之实景

要求浇筑钢筋混凝土污水检查井。在污水检查井井室浇筑之前,对管道口以上 $500\text{ mm}$ 处的钢护筒进行切割,以便后期钢护筒的拔除,而管道横穿的底部钢护筒则遗留在地下。在检查井井座施工完成后,进行钢护筒拔除。在钢护筒拔除的同时向基坑内回填中粗砂。

## 2.4 工艺特点分析

(1)微型顶管施工方式灵活,可根据地质情况,选择不排土顶进或者排土顶进。不排土顶进施工工序更为简便,无土方外运,适用于敷设在地质松软层的排水管道。

(2)利用经纬仪与导向管前端的斜面箭头内觇标控制导向管的走向,施工精度成熟可控,单段管道施工误差为 $\pm 30\text{ mm}$ 。

(3)管道顶进施工速度相对较快,单段管道施工不超过 $2\text{ d}$ 。

(4)单段管道顶进长度一般不超过 $60\text{ m}$ ,每节管道长度为 $1\text{ m}$ ,适用于 $\phi 600\text{ mm}$ 以下管道的非开挖施工。

(5)可施工用管材有树脂混凝土管、玻璃钢夹砂管,以及钢筋混凝土管,一般采用树脂混凝土管居多。

(6)通过先导管的第一次顶进贯通,避开地下障碍物,完成设计管道的敷设。

## 3 结语

微型顶管作为一种新型的小口径排水管道施工技术,施工占地面积小,周期短、精度稳定可控。相比传统的开槽埋管或水平定向钻施工技术,优势明显,尤其是对于位于施工场地小、地下管线复杂、周边建筑密集的老城区排水管道工程,提供了一种很好的施工方案,在小口径排水管道工程施工中有推广应用的的优势。

(下转第145页)

自然光照下无脱落,腐蚀,变形和开裂,满足技术要求。

同时按《无障碍设施施工验收及维护规范》(GB 50642—2011)对盲道外观进行了检测,其平整度为0.5 mm、相邻块高差为0.2 mm,满足允许偏差(平整度允许误差3 mm、相邻块高差允许0.5 mm)的要求。

#### 4 结 语

通过水性砂浆现浇盲道的施工技术研究,得到了以下的主要结论:

(1)从环境条件、施工和易性、模板处理、脱模时机、边角处治、着色工艺等方面研究了水性盲道砂浆在施工工程中有关参数及工艺,确定了施工过程中对环境温度不宜超过30℃;施工和易性降低时建议适当提高外掺水量,但外掺水量不超过17%;模板使用前或模板脱模后应用清水对模板进行处理;模板

应在砂浆抹平后10 min内脱模;砂浆脱模后还应进行边角处治;表面着色采用喷涂法施工,着色剂用量为0.5 kg/m<sup>2</sup>。

(2)铺筑了水性砂浆盲道现浇试验段,试验段的主要施工工序有施工前准备,基面再处理,砂浆拌和,砂浆抹平,脱模及边角处治,养护和表面着色。

(3)试验段应用效果表明,现浇水性砂浆盲道施工简便,力学性能、耐久性和外观状态良好。

#### 参考文献:

- [1] GB 50763—2012,无障碍设计规范[S].
- [2] 王传印.常规路面条件下人行盲道与过街盲道振荡标线施工设计[D].乌鲁木齐:新疆大学,2006.
- [3] 刘永旭,曹博,王豪,等.盲道的现状及改进—基于对西安市部分盲道的调查[J].新型工业化,2009,9(3):119-123.
- [4] 吴悦,高歌,武梦竹.城市无障碍设施(盲道)应用状况的调查及分析[J].中国组织工程研究,2020,24(2):271-275.
- [5] 陈传荣.新型材料在盲道建设中的应用[J].设计艺术研究,2019,9(2):65-68.

~~~~~  
(上接第136页)

#### 参考文献:

- [1] 林永江,屈新龙.非开挖微型顶管法在污水管道施工中的应用[J].施工技术,2018,47(S4):1528-1530.
- [2] 牛运君.微型顶管技术在非开挖污水管线施工中的应用[J].建筑技

- 术,2018,49(11):1216-1217.
- [3] 刘炳旺,刘玉飞,杨丹,等.微型顶管技术在污水管线施工中的应用[J].建筑技术,2018,49(11):1218-1220.
- [4] 何平.微型顶管技术在实际工程中的应用[J].工程技术研究,2017(9):37-39.